

© Коллектив авторов, 2020  
DOI: 10.21886/2712-8156-2020-1-3-63-67

## ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЯ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ИШЕМИИ МИОКАРДА У ПАЦИЕНТОВ ИБС РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

К.С. Колосова<sup>1</sup>, Н.Ю. Григорьева<sup>2</sup>, Ю.И. Косюга<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО "Приволжский исследовательский медицинский университет" Минздрава России; Нижний Новгород, Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»; Нижний Новгород, Россия

**Цель:** выявить взаимосвязь между показателями высокочастотной электрокардиографии (ЭКГ) и данными селективной коронарографии у больных ИБС различного возраста. **Материалы и методы:** исследование проводилось на 125 пациентах с диагнозом ишемическая болезнь сердца (ИБС), направленных на селективную коронарографию. Пациенты были разделены на группы: I группа — молодой возраст, II группа — средний возраст, III группа — пожилой и старческий возраст. Всем пациентам регистрировали высокочастотную ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях с помощью компьютерного электрокардиографа, полученные данные анализировали специальным программным обеспечением. **Результаты:** по данным селективной коронарографии, гемодинамически незначимые поражения коронарных артерий присутствовали у 34 (27,2 %) человек, гемодинамически значимые поражения коронарных артерий — у 49 (39,2 %) человек. Гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий чаще определялись у пациентов пожилого и старческого возраста ( $p = 0,002$ ). По данным анализа высокочастотной ЭКГ, выявлено значимое различие суммы RAZ между пожилыми и пациентами старческого возраста по сравнению с пациентами молодого и среднего возраста ( $p_{1-2} = 0,373$ ;  $p_{1-3} = 0,006$ ;  $p_{2-3} = 0,008$ ). Выявлено, что параметр RAZ высокочастотной ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях имеет взаимосвязь с возрастом пациентов, количеством коронарных артерий со стенозирующим поражением, а также с количеством гемодинамически значимых стенозов. **Заключение:** высокочастотная ЭКГ у больных ИБС, особенно пожилого и старческого возраста, может служить дополнительным методом диагностики ишемии миокарда, ввиду выявленных взаимосвязей между её показателями и данными СКГ, свидетельствующими о стенозах в коронарных артериях.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца; ишемия миокарда; высокочастотная ЭКГ.

**Для цитирования:** Колосова К.С., Григорьева Н.Ю., Косюга Ю.И. Высокочастотная электрокардиография как дополнительный метод диагностики ишемии миокарда у пациентов ИБС различного возраста. *Южно-Российский журнал терапевтической практики.* 2020;1(3):63-67. DOI: 10.21886/2712-8156-2020-1-3-63-67.

**Контактное лицо:** Ксения Сергеевна Колосова, ksunay@yandex.ru.

## HIGH-FREQUENCY ELECTROCARDIOGRAPHY AS AN ADDITIONAL METHOD FOR DIAGNOSING MYOCARDIAL ISCHEMIA IN PATIENTS WITH CHD OF VARIOUS AGES

K.S. Kolosova<sup>1</sup>, N.Y. Grigoreva<sup>2</sup>, Y.I. Kosuga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>2</sup>National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

**Objectives:** to study the relationship between high-frequency electrocardiography (ECG) and selective coronary angiography data. **Materials and methods:** the study was conducted on 125 patients with a diagnosis of coronary heart disease (CHD), who were sent for selective coronary angiography. Patients were divided into groups: I group — young age, II group 2 — middle age, III group — senile and elderly age. All patients were recorded high-frequency ECG in 12 common leads using a computer electrocardiograph, the data obtained were analyzed by special software. **Results:** according to the selective coronary angiography data, hemodynamically insignificant lesions of the coronary arteries were present in 34 (27.2%) people, and in 49 (39.2 %) people — hemodynamically significant lesions of the coronary arteries. Hemodynamically significant coronary artery stenoses are more often detected in elderly and senile patients. Stenotic lesions of the coronary arteries were more common in group 3 as opposed to group 2 ( $p = 0.002$ ). High-frequency ECG analysis revealed a significant difference in the amount of RAZ between elderly and senile patients compared to young and middle-aged patients ( $p_{1-2} =$

0.373;  $p_{1-3} = 0.006$ ;  $p_{2-3} = 0.008$ ). The RAZ parameter of a high-frequency ECG in 12 common leads has a relationship with the age of patients, the number of coronary arteries with stenotic lesions, and the number of hemodynamically significant stenoses. **Conclusion:** the results of the study show that high-frequency ECG can be further developed as an additional method for diagnosing myocardial ischemia.

**Key words:** ischemic heart disease; myocardial ischemia; high-frequency ECG.

**For citation:** KKolosova K.S., Grigoreva N.Y., Kosuga Y.I. High-frequency electrocardiography as an additional method for diagnosing myocardial ischemia in patients with CHD of various ages. *South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2020;1(3):63-67. DOI: 10.21886/2712-8156-2020-1-3-63-67.

**Corresponding author:** Kseniya S. Kolosova; ksunay@yandex.ru.

## Введение

У больных ишемической болезнью сердца (ИБС) общепринятым диагностическим критерием ишемии миокарда на электрокардиограмме (ЭКГ), зарегистрированной в условиях покоя, являются подъём или депрессия ST-сегмента относительно уровня изолинии более 1 мм [1]. Этот критерий имеет высокую специфичность (90 %) и достаточно низкую чувствительность (не более 20 %) [2]. Существует большое количество методов диагностики ишемии миокарда: пробы с физической нагрузкой, суточное ЭКГ-мониторирование, селективная коронарография (СКГ). Несмотря на неоспоримую информативность данных методов, они имеют ряд недостатков. Нагрузочные пробы имеют строгие противопоказания, такие как ранние сроки инфаркта миокарда, нестабильная стенокардия, сердечная недостаточность в стадии декомпенсации, расслаивающаяся аневризма аорты, тромбоэмболия легочной артерии и другие [3, 4]. Суточное ЭКГ-мониторирование определяет безболевою ишемию миокарда у малого процента обследуемых [5]. СКГ является инвазивным методом диагностики, который также имеет свои ограничения. Следовательно, разработка новых методов диагностики ишемии миокарда имеет важное значение. Некоторые исследователи склоняются к тому, что метод высокочастотной ЭКГ имеет большую диагностическую способность, чем стандартная ЭКГ [5, 6]. Чувствительность высокочастотной ЭКГ к выявлению латентной ИБС составляет, по мнению ряда авторов, 80 % [6], по мнению других авторов — 75 % [7] и 68,8 % [8]. Вполне вероятно, что высокочастотная ЭКГ в качестве дополнительного метода может улучшить неинвазивную диагностику ИБС [9]. Такой подход к диагностике может быть особенно важен для пациентов пожилого и старческого возраста, когда риск осложнений при инвазивных вмешательствах, в частности при проведении СКГ, может быть высок [10]. К настоящему времени описаны различные методики выделения высокочастотных компонентов электрокардиограммы. Исследовались ЭКГ-сигналы в различных частотных диапазонах, выделяемые с по-

мощью фильтров различных типов и различных методик усреднения для подавления шумов. Тем не менее, до настоящего времени нет общепринятого метода для количественного описания высокочастотной ЭКГ [11, 12].

**Цель исследования** — выявить взаимосвязь между показателями высокочастотной электрокардиографии и данными селективной коронарографии у больных ИБС различного возраста.

## Материалы и методы

В исследовании принимали участие 125 пациентов кардиологического отделения (52 (41,6 %) женщины и 73 (58,4 %) мужчины), направленные на селективную коронарографию. Все пациенты имели диагноз ИБС. Изучаемые пациенты были разделены на три группы: I группа (15 человек) — молодой возраст (18–44 года), II группа (38 человек) — средний возраст (45–59 лет), III группа (72 человека) — пожилой и старческий возраст (60–90 лет).

Гемодинамическую значимость стеноза коронарных артерий определяли по шкале Coronary Artery Surgery Study (CASS). Следовательно, гемодинамически значимым стенозом считалось сужение правой коронарной артерии, передней нисходящей артерии или огибающей артерии  $\geq 70$  % [13]. Электрокардиограмму регистрировали посредством 12-канального компьютерного электрокардиографа, способного обеспечивать регистрацию электрокардиосигналов в частотном диапазоне от 0,05 до 300 Гц. Электрокардиограммы регистрировались в общепринятых 12-ти отведениях до проведения селективной коронарографии. Полученные данные обрабатывались компьютерным программным обеспечением ArMaSoft-12-Cardio. Зоны сниженной амплитуды QRS — комплекса (RAZ) — определялись программным обеспечением во всех отведениях, они были разделены на следующие категории: Abboud RAZ (RAZ A), Abboud Percent RAZ (RAZ AP), NASA RAZ (RAZ N). Производился автоматический расчёт корня квадратного из среднеквадратического напряжения (RMS), определялся Kurtosis. Статистическая обработка данных проводилась с помощью компью-

терных программ IBM SPSS Statistics 24 («IBM»), STATISTICA 10.0 для Windows («StatSoft»). Нормальность распределения определялся критерием Шапиро-Уилка. При распределении, отличным от нормального, результаты представлялись в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей (Me [25p;75p]). Применялись критерий Краскела-Уоллиса, U-критерий Манна-Уитни. Корреляция определялась критерием Спирмена. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Значения показателя  $p$  менее 0,001 указаны как  $p < 0,001$ .

Исследование было проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией и одобрено Этическим комитетом Приволжского исследовательского медицинского университета. Все пациенты дали информированное согласие.

### Результаты

По данным СКГ, гемодинамически незначимые поражения коронарных артерий (КА) присутствовали у 34 (27,2 %) человек, а гемодинамически значимые поражения коронарных артерий — у 49 (39,2 %) человек. Пациенты I группы, по данным селективной коронарографии, имели гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий в 13,3 % случаев, II группы — 23,7 %, III группы — 52,8 %. Следовательно, чаще гемодинамически значимые стенозы коронарных артерий определяются у пациентов пожилого и старческого возраста в сравнении с более молодыми возрастными группами ( $p_{1-3} = 0,005$ ,  $p_{2-3} = 0,003$ ).

Сравнительный анализ количества пораженных коронарных артерий с гемодинамически значимыми стенозами по одно-, двух- и трехсосудистым поражениям показал отсутствие

статистически значимых различий. Стенозирующие поражения коронарных артерий чаще встречались в III группе в отличие от II группы ( $p = 0,002$ ). Трехсосудистые стенозирующие поражения коронарного русла чаще встречались у лиц пожилого и старческого возраста в отличие от молодой возрастной группы ( $p_{1-3} = 0,004$ ). Данные представлены в табл. 1.

По данным анализа высокочастотной ЭКГ, выявлено значимое различие суммы RAZ между пожилыми и старческими пациентами по сравнению с пациентами молодого и среднего возрастов ( $p_{1-2} = 0,373$ ;  $p_{1-3} = 0,006$ ;  $p_{2-3} = 0,008$ ). Значения показателя Kurtosis были выше в III группе по сравнению со II группой ( $p_{2-3} = 0,003$ ). Показатель RMS не имел значимых различий. Результаты представлены в табл. 2.

Возраст пациентов имел значимую взаимосвязь средней силы с параметром RAZ высокочастотной ЭКГ ( $r = 0,332$ ,  $p < 0,001$ ). Параметр Kurtosis имел прямую слабую взаимосвязь с возрастом пациентов ( $r = 0,256$ ,  $p = 0,004$ ). Параметр RMS имел обратную слабую взаимосвязь с возрастом пациентов ( $r = -0,194$ ,  $p = 0,03$ ).

Параметр RAZ высокочастотной ЭКГ имел прямую взаимосвязь средней силы с количеством сосудов коронарных артерий со стенозирующим поражением ( $r = 0,557$ ,  $p < 0,001$ ), а также с количеством гемодинамически значимых стенозов ( $r = 0,656$ ,  $p < 0,001$ ). Параметр Kurtosis высокочастотной ЭКГ имел прямую слабую корреляционную взаимосвязь с количеством гемодинамически значимых стенозов ( $r = 0,27$ ,  $p = 0,002$ ), но с количеством коронарных сосудов со стенозирующим поражением статистически значимой связи не имел ( $r = 0,161$ ,  $p = 0,073$ ). RMS не показал статистически значимой корреляции с количеством гемодинамически значимых сте-

Таблица 1

### Данные СКГ по наличию стенозирующих поражений коронарных артерий у пациентов молодого, среднего, старческого и пожилого возрастов

Показатель	Группа I (молодой возраст) n=15	Группа II (средний возраст) n=38	Группа III (пожилой и старче- ский возраст) n=72	p
Однососудистое стенозирующее поражение КА, абс. (%)	5 (33,3%)	8 (21,1%)	18 (25,0%)	$p_{mg} = 0,646$
Двухсосудистое стенозирующее поражение КА, абс. (%)	2 (13,3%)	5 (13,2%)	13 (18,1%)	$p_{mg} = 0,766$
Трехсосудистое стенозирующее поражение КА, абс. (%)	0 (0%)	6 (15,8%)	26 (36,1%)	$p_{mg} = 0,004$ $p_{1-2} = 0,167$ $p_{1-3} = 0,004$ $p_{2-3} = 0,026$
Стенозирующее поражение КА, абс. (%)	7 (46,7%)	19 (50,0%)	57 (79,2%)	$p_{mg} = 0,002$ $p_{1-2} = 0,827$ $p_{1-3} = 0,02$ $p_{2-3} = 0,002$

Таблица 2

**Показатели высокочастотной ЭКГ у пациентов молодого, среднего, старческого и пожилого возрастов**

Показатель	Группа I (молодой возраст) n=15	Группа II (средний возраст) n=38	Группа III (пожилой и старческий возраст) n=72	p
Сумма RAZ [-]	3 [3,0; 12,0]	6 [3,0; 9,0]	9 [6,0; 18,0]	p mg = 0,003 p 1-2 = 0,373 p 1-3 = 0,006 p 2-3 = 0,008
RMS [-]	4,62 [4,4; 6,01]	4,49 [3,6; 5,2]	4,15 [3,1; 5,2]	p mg = 0,143
Kurtosis [-]	0,69[0,67;0,85]	0,7 [0,61;0,86]	0,84[0,68;1,1]	p mg = 0,01 p 1-2 = 0,578 p 1-3 = 0,178 p 2-3 = 0,003

нозов ( $r = -0,174$ ,  $p = 0,052$ ) и с количеством коронарных сосудов со стенозирующим поражением ( $r = -0,11$ ,  $p = 0,223$ ).

му количеству гемодинамически значимых стенозов по данным селективной коронарографии в этой возрастной группе.

**Обсуждение**

В диагностике ИБС селективная коронарография является «золотым стандартом». Данный метод определяет локализацию, распространённость и проходимость коронарных сосудов [14]. Наши данные показали, что высокочастотная ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях может давать дополнительную информацию и в связи с этим может быть использована как метод неинвазивной диагностики ишемии миокарда.

Исходя из результатов исследования, параметры RAZ и Kurtosis имеют корреляционные взаимосвязи с количеством гемодинамически значимых стенозов. Подобные результаты могут говорить о взаимосвязи высокочастотных показателей QRS – комплекса и степени атеросклеротического поражения коронарного русла.

Лица пожилого и старческого возраста имеют значимо более высокие значения параметров суммы RAZ и Kurtosis, что соответствует больше-

**Заключение**

Параметр RAZ высокочастотной ЭКГ в 12-ти общепринятых отведениях имеет взаимосвязь с возрастом пациентов, количеством коронарных артерий со стенозирующим поражением, а также с количеством гемодинамически значимых стенозов.

Высокочастотная ЭКГ у больных ИБС, особенно пожилого и старческого возраста, может служить дополнительным методом диагностики ишемии миокарда ввиду выявленных нами взаимосвязей между её показателями и данными СКГ, свидетельствующих о стенозах в коронарных артериях.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES**

1. Абдрахманова А.И., Амиров Н.Б., Сайфуллина Г.Б. Безболевая ишемия миокарда (обзор литературы). *Вестник современной клинической медицины*. 2015;8(6):103-115. eLIBRARY ID: 25007480
2. Литвинова М.А. Анализ информативности различных методов диагностики ишемической болезни сердца. *Медико-фармацевтический журнал «Пульс»*. 2016;18(1):241 – 245. eLIBRARY ID: 25672067
3. Школьник Е.Л. Пробы с дозированной физической нагрузкой в кардиологии. *Кардиология: Новости. Мнения. Обучение*. 2017;1(12):55–59. eLIBRARY ID: 28794605
4. de Vries NM, Staal JB, van Ravensberg CD, Hobbelen JS, Olde Rikkert MG, Nijhuis-van der Sanden MW. Outcome instruments to measure frailty: a systematic review. *Ageing Res Rev*. 2011;10(1):104-14. DOI: 10.1016/j.arr.2010.09.001
5. Бенедиктова С.В., Жуков К.Н. Метод высокочастотной QRS электрокардиографии для улучшенной диагностики ишемической болезни сердца. *Аллея науки*. 2017;2(9):255-262. eLIBRARY ID: 29448636
6. Amit G, Granot Y, Abboud S. Quantifying QRS changes during myocardial ischemia: Insights from high frequency electrocardiography. *J Electrocardiol*. 2014;47(4):505-11. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2014.03.006. Epub 2014 Mar 29. PMID: 24795285.
7. Baroja, A. Torrubia, J. Octavio. *Detección precoz de la cardiopatía isquémica [Электронный ресурс]*. D - Universidad de Zaragoza,

- Facultad de Medicina, 2015. Режим доступа: <https://zaguan.unizar.es/record/47850/files/TAZ-TFG-2015-1028.pdf>. - Дата обращения 12.10.19г.
8. Choi JO, Chang SA, Park SJ, Lee SC, Park SW. Improved detection of ischemic heart disease by combining high-frequency electrocardiogram analysis with exercise stress echocardiography. *Korean Circ J*. 2013;43(10):674-80. doi: 10.4070/kcj.2013.43.10.674.
  9. Rosenmann D, Mogilevski Y, Amit G., Davrath L. R., Tzivoni D. High-frequency QRS analysis improves the specificity of exercise ECG testing in women referred for angiography. *Journal of Electrocardiology*. 2013;46(1):19-26. Doi: 10.1016/j.jelectrocard.2012.08.007
  10. Ткачева О.Н., Котовская Ю.В., Рунихина Н.К., Фролова Е.В., Наумов А.В., Воробьева Н.М., и др. Клинические рекомендации «Старческая астения». *Российский журнал гериатрической медицины*. 2020;(1):11-46. DOI: 10.37586/2686-8636-1-2020-11-46
  11. Toledo E., Beker A., Bregman-Amitai O.; Assignee BSP Biological Signal Processing Ltd. Apparatus and method for identifying myocardial ischemia using analysis of high frequency QRS potentials: patent № US 8538510B2 A61B5/04; № 12/375,544: filed 02.08.2007: published 17.09.2013.
  12. / Beker A., Bregman-Amitai O., Zeltser A.; Assignee BSP Biological Signal Processing Ltd. Apparatus and method for analysis of high frequency QRS complexes: patent № US 8706201B2 A61B5; № 11/579,273: filed 01.05.2005: published 22.04.2014.
  13. Ringqvist I, Fisher LD, Mock M, Davis KB, Wedel H, Chaitman BR, et al. Prognostic value of angiographic indices of coronary artery disease from the Coronary Artery Surgery Study (CASS). *J Clin Invest*. 1983;71(6):1854-66. doi: 10.1172/jci110941.
  14. Зяблова Е.И., Порханов В.А. Мультиспиральная компьютерная коронарография в диагностике коронарного атеросклероза. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2015;(6):53-58. eLIBRARY ID: 25054089

#### Информация об авторах

**Колосова Ксения Сергеевна**, аспирант кафедры факультетской и поликлинической терапии, ФГБОУ ВО "Приволжский исследовательский медицинский университет" МЗ РФ; Нижний Новгород, Россия. ORCID: 0000-0003-2586-0982. E-mail: ksunay@yandex.ru.

**Григорьева Наталья Юрьевна**, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой клинической медицины, ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»; Нижний Новгород, Россия. ORCID: 0000-0001-6795-7884. E-mail: grigoreva28@mail.ru.

**Косуга Юрий Иванович**, к.м.н., доц., доцент кафедры патологической физиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Нижний Новгород, Россия. ORCID: 0000-0002-2148-3342. E-mail: kosuga@yandex.ru.

#### Information about the authors

**Ksenia S. Kolosova**, Post-graduate student of the Department of faculty and polyclinic therapy, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia. ORCID: 0000-0003-2586-0982. E-mail: ksunay@yandex.ru.

**Natalia Yu. Grigoryeva**, Dr. Sci. (Med.), associated professor, Head of the Department of clinical medicine, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod; Nizhny Novgorod, Russia. ORCID: 0000-0001-6795-7884. E-mail: grigoreva28@mail.ru.

**Yuri I. Kosuga**, Cand. Sci. (Med.), associated professor, associated professor of the Department of pathological physiology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russia. ORCID: 0000-0002-2148-3342. E-mail: kosuga@yandex.ru.